



RANCANGAN TEKNOLOGI PENANGANAN LIMBAH PADAT DENGAN SISTEM PENGKOMPOSAN

OLEH

Ir. I. KETUT IRIANTO. M.si

GUNA WIDYA SEWAKA NAGARA

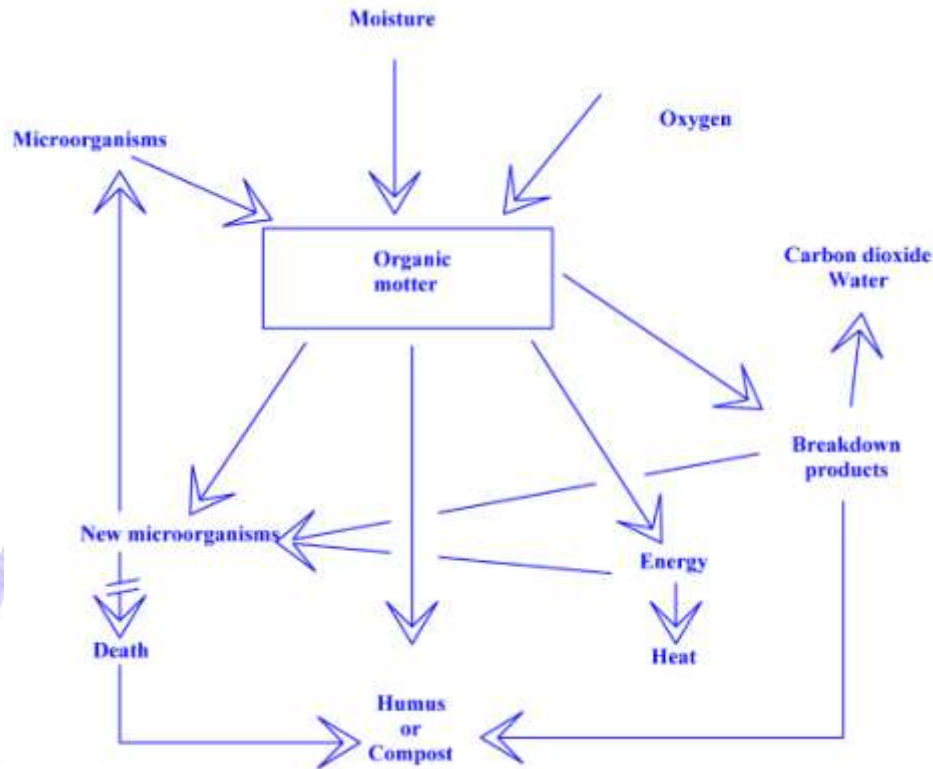
**FAKULTAS PERTANIAN PROGRAM STUDI
AGROTEKNOLOGI
UNIVERSITAS WARMADEWA**

2017

SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH DENGAN PENGKOMPOSAN

Pengkomposan adalah dekomposisi bahan organik oleh populasi campuran mikroorganisme dalam keadaan panas, lembab dan lingkungan yang aerob. Sejumlah besar limbah organik diproduksi oleh alam dan selanjutnya akan terdekomposisi oleh aktivitas mikroorganisme. Degradasi ini terjadi secara lambat dipermukaan tanah, suhu sedang dan kondisi yang aerob. Proses dekomposisi alami ini dapat dipercepat dengan mengumpulkan limbah menjadi suatu tumpukan sehingga panas yang timbul dapat mempercepat proses dekomposisinya, usaha ini diterapkan dalam proses pengkomposan. Limbah pertanian yang dapat dikomposkan bervariasi dari limbah yang sangat heterogen campuran senyawa organik dan anorganik maupun yang homogen seperti kotoran ternak, residu tanaman pangan maupun lumpur buangan air limbah. Selama proses pengkomposan sebagian besar kebutuhan oksigen terpenuhi dan bahan organik terdekomposisi menjadi produk yang stabil seperti asam humus, air dan CO₂. Suatu pertimbangan dalam usaha menaikkan produksi pertanian ialah dengan menaikkan kesuburan tanah, dan suatu cara untuk meningkatkan struktur dan kesuburan tanah adalah pemberian asam humus ke dalam tanah.





Gambar 21. Diagram Proses Pengkomposan

Proses pengkomposan melibatkan interaksi antara limbah organik, mikroorganisme, uap air dan oksigen. Limbah organik akan mengandung flora populasi campuran mikroorganisme yang berasal dari udara, air dan tanah. Bila kadar air limbah mencapai level tertentu sedangkan aerasinya cukup maka aktivitas mikroba yang ada menjadi cepat. Disamping oksigen dan air, mikroorganisme perlu pula karbon, nitrogen, fosfor, kalium dan unsur kehidupan yang lain yang umumnya dapat terpenuhi oleh komposisi limbah. Sewaktu mikroba melakukan proses dekomposisi limbah, mikroba mengalami perbanyakan sel dan membebaskan O_2 , air, bahan organik inestetik dan juga energi. Sebagian energi digunakan untuk proses metabolisme dan sebagian lainnya dibebaskan dalam bentuk panas. Hasil akhir pengkomposan berupa mikroorganisme (hidup atau mati), humus dan mineral.

Limbah organik merupakan campuran dari gula, protein, lemak hemiselulosa, selulosa, lignin dan mineral dengan kadar masing-masing yang sangat bervariasi seperti yang ditunjukkan pada label berikut :

Tabel 9. Komposisi Limbah Pertanian

Fraksi	% Berat Kering	
	Tanaman	Kotoran hewan
Senyawa larut dalam air		
1 (gula, pati, asam amino, urea, garam, amonium)	5-30	2-20
Senyawa larut dalam		
2 alkohol/eter (lemak, minyak, lilin, resin).	5-15	1-3
3 Protein	5-40	5-30
4 Hemiselulosa	10-30	15-25
5 Selulosa	15-60	15-30
6 Lignin	5-30	10-25
7 Mineral (abu)	1-13	5-20

Komposisi kotoran hewan tergantung pada jenis hewan dan komposisi pakannya, sedangkan komposisi limbah tanaman tergantung pada umur, jenis dan lingkungan pertumbuhannya. Pada tanaman muda terutama tersusun dari bahan larut dalam air dan mineral, sedangkan pada tanaman yang lebih tua senyawa dengan berat molekul besar seperti hemiselulosa, lignin dan selulosa mendominasi komposisinya. Proses pengkomposan mencakup biodegradasi limbah dan sintesa sel mikroba. Dalam hal ini kunci keberhasilan terletak pada kemampuan sel mendegradasi senyawa organik. Senyawa dengan berat molekul kecil dan larut dalam air akan dengan mudah melewati membran sel, sedangkan senyawa organik yang bermolekul besar tidak dapat terserap oleh sel tanpa melalui pemecahan terlebih dahulu. Dalam hal ini mikroba mengekskresikan enzim yang mampu menghidrolisa polimer organik menjadi senyawa sederhana (terutama gula) sehingga dapat dicerna oleh sel.

Percobaan pengkomposan terhadap jerami menunjukkan adanya kehilangan berat kering lebih dari 50% selama 60 hari proses pengkomposan.

Pengkomposan merupakan proses mikrobiologi yang dinamis dan melibatkan aktivitas suksesi campuran mikrobial yang masing-masing menyesuaikan dengan kondisi lingkungan yang relatif selalu berubah. Studi mikroflora jasad biologis yang berperan dalam proses pengkomposan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 10 Organisme yang Beragam dalam Proses Pengkomposan

Organisme	Genus	Jumlah/gram
Mikroflora	Bakteri	10^7-10^8
	Aktinomiset	10^7-10^8
	Jamur	10^7-10^8
	Ganggang	10^7
	Virus	
Mikrofauna	Protozoa	10^7-10^8
Mikroflora	Jamur	
Makrofauna	Semut, insek	
	cacing, serangga	
	dan sebagainya	

Setiap jenis mikroflora terdiri dari beberapa spesies yang dapat mencapai 2000 jenis bakteri dan 50 jenis jamur. Setiap spesies dapat dikelompokkan lagi menjadi beberapa sub kelompok atas dasar suhu pertumbuhannya. Sebagai contoh spesies yang menginginkan suhu dibawah 20°C dikenal sebagai psikrofil, sedangkan mesofil menghendaki 20°-40°C dan termofil diatas 40°C. Mikroflora, makroflora dan makrofauna yang aktif pada tahap akhir pengkomposan bersifat mesofil. Beberapa spesies bakteri inampu membentuk spora yang tahan terhadap suhu tinggi sehingga dapat bertahan selanjut proses pengkomposan berlangsung. Aktinomiset tumbuh sangat lambat tetapi dapat bertahan hidup pada suhu tinggi.

Segera setelah suhu tertinggi tercapai selama proses pengkomposan, suhu kemudian menurun dan dibarengi dengan pertumbuhan berbagai jenis makrofauna. Banyak diantara

makrofauna yang ada memberikan kontribusi dalam memecah tumpukan kompos menjadi bahan yang berukuran lebih kecil sehingga mudah digunakan oleh mikroflora yang ada.

Bila limbah organik dikumpulkan membentuk suatu tumpukan untuk dikomposkan, efek insulasi bahan akan mengakibatkan kenaikan suhu selama proses pengkomposan. secara umum, ditinjau dari perubahan suhu yang terjadi, proses pengkomposan akan melalui empat tahap yang berupa tahap mesofil, termofil, penurunan suhu dan pematangan (maturasi). Pada awal pengkomposan, suhu tumpukan ada disekitar 15 - 25°C tergantung suhu udara disekitarnya, dan suasana pH sedikit asam. Selama tahap mesofil, mikroflora akan tumbuh secara cepat sehingga suhu dapat naik mencapai 40⁰c dan masa msnjadi bersifat lebih asam. Suhu akan naik terus sehingga strain mikroba yang termofil mengambil alih mikrofloranya, dan pH menjadi naik akibat pembebasan amonia hasil degradasi protein. Pada suhu mendekati 60°C aktivitas jamur yang termofil terhenti, dan proses diteruskan oleh aktinomiset dan bakteri berspora, dalam hal ini kecepatan reaksinya mulai menurun, hingga kecepatan generasi panas akan setara dengan kehilangan paras pada tumpukan kompos. Hal ini kemudian mengakhiri tahap termofil dan bahan sudah mendekati stabil serta bahan yang mudah dicerna seperti karbohidrat, protein dan lemak telah terdegradasi dan pada keadaan ini tumpukan merijadi "tidak" berbau lagi. Pada saat proses pendinginan berlangsung, jamur dan aktinomiset akan menyerang polisakarida rantai panjang seperti hemiselulosa dan selulosa menjadi gula sederhana yang dapat dimanfaatkan oleh berbagai jenis mikroba dan saat itu suhu menjadi sama dengan suhu sekitarnya. Pada saat berikutnya tercapai tahap maturasi dengan pembebasan energi yang kecil dan juga kehilangan berat sangat kecil, dan pada keadaan ini akan memberi kesempatan kepada makroflora dan makrofauna menyerang tumpukan kompos tersebut. Pada keadaan itu juga antagonisme antar mikroorganisme terjadi, dan reaksi kimia komplek juga terjadi antara residu lignin, limbah yang terdegradasi serta protein mikroba yang mati menghasilkan asam humus. Setelah proses maturasi selesai (beberapa inkubasi) limbah tidak akan mengalami proses anaerob, tidak terjadi kenaikan suhu serta tidak menyerap nitrogen tanah. Dan bahan akhir ini yang dikenal sebagai humus atau kompos.

Faktor proses pengkomposan

Pengkomposan limbah organik merupakan proses dinamik dan kompleks. Parameter pH, suhu dan ketersediaan nutrisi bagi mikroba selalu berubah atas fungsi waktu selama proses pengkomposan. Sebagai akibatnya, jumlah dan jenis mikroflora yang aktif juga selalu berubah. Kecepatan perubahan limbah menjadi kompos sangat tergantung dari beberapa faktor yang saling terkait. Beberapa parameter proses yang saling berkaitan tersebut diantaranya adalah ukuran partikel, ketersediaan nutrisi, struktur fisik limbah, kelembaban, aerasi, agitasi, pH dan ukuran tumpukan. Sangat dianjurkan untuk mengadopsi kondisi operasi agar proses dapat berlangsung secara efisien.

a. Separasi limbah : Penggunaan utama kompos adalah untuk

Pupuk tanah pertanian. Dengan demikian kompos harus memiliki kadar bahan organik tinggi dan mineral yang rendah. Untuk limbah yang mengandung gelas, logam, plastik dsb. harus dipisahkan terlebih dahulu sebelum diproses. Cara separasi ini dapat dilakukan dengan alat mekanis.

b. Ukuran partikel : Ukuran partikel yang kecil akan memperbesar luas permukaan yang diserang oleh mikroba, dan mengakibatkan kecepatan pengkomposan yang lebih tinggi. Akan tetapi partikel yang terlalu kecil akan melekat satu sama lain sehingga densitasnya menjadi tinggi dan rongga udaranya kecil dan akibatnya menghambat proses pengkomposan. Untuk mengoptimalkan pengaturan ukuran partikel perlu diperhatikan dan umumnya pemotongan mencapai 12,5 - 50 mm dianggap optimal dan setelah proses selesai ukuran partikel menjadi rata-rata 2,5 mm.

c. Nutrien : Mikroorganisme yang berperan dalam Pengkomposan membutuhkan sumber karbon, nitrogen dsb. untuk keperluan sintesa sel baru. Sebagaimana diketahui bahwa nutrisi yang dibutuhkan sudah terdapat pada limbah yang diproses, namun demikian untuk memperoleh proses yang lancar perlu diperhatikan kuantitas C, H dan F yang mempunyai rasio tertentu. Dengan pendekatan komposisi sel mikroorganisme dan imbalan reaksi perombakan substrat menjadi mikroorganisme diperoleh rasio yang dianjurkan untuk proses pengkomposan yaitu rasio $C/N = 30 - 35/1$ dan rasio $C/P = 75-50/1$ pada awal prosesnya. Penyesuaian rasio C/N dan C/P tersebut dapat dilakukan melalui pencampuran berbagai jenis limbah sehingga rasio dapat dicapai.

- d. Bahan tambahan** :Bahan tambahan berupa : inokulum mikroorganisme pernah dianjurkan untuk mempercepat proses pengkomposan, namun hasil percobaan menunjukkan bahwa penggunaan inokulum kurang nyata dalam mempercepat proses.
- e. Radar air**: Air sangat diperlukan dalam proses pengkomposan terutama untuk transpor bahan dari dan ke mikroorganisme. Percobaan menunjukkan bahwa kadar air dibawah 30% menurunkan kecepatan pengkomposan, tetapi sebaliknya air yang terlalu tinggi akan mengganggu penetrasi oksigen. Optimum kadar air proses pengkomposan ada disekitar 50 - 60%. Perlu diperhatikan bahwa selama proses terjadi penguapan air sehingga kadar air optimal harus tetap dijaga.
- f. Aerasi**:Oksigen sangat esensiil untuk metabolisme mikroba aerob pada proses pengkomposan. Udara dapat diberikan pada tumpukan kompos dengan berbagai cara misal dengan difusi alami, dengan pengadukan tumpukan. atau dengan penghembusan udara melalui kompresor. Penghembusan udara akan mengusir CO₂ dan uap air serta mendinginkan tumpukan kompos. Kebutuhan oksigen maksimum pada tahap termofil. Penelitian menunjukkan bahwa kecepatan aerasi 6-19 mg O₂/jam.gram masa kompos dapat digunakan. Kecepatan udara terlalu tinggi akan mengeringkan dan mendinginkan massakompos.
- g. Agitasi**:Agitasi akan membantu proses aerasi, akan tapi agitasi terlalu besar akan mendinginkan masa dan menghambat aktivitas tahap termofil oleh aktinomiset. Dianjurkan pengadukan dilakukan hanya 3-4 kali selama proses.
- h. Pengendalian pH**: Proses pengkomposan menunjukkan adanya perubahan pH secara alami. Penelitian menunjukkan bahwa pengendalian pH dengan penambahan basa/asam tidak efektif dan tidak diperlukan.

WIDYA SEWAKA NA

- i. **Produksi panas:** Selama proses dapat terjadi kenaikan suhu hingga 80-90°C, sedangkan suhu optimum untuk pengkomposan dikehendaki sekitar 55 - 60°C. Pengaturan suhu dapat dilakukan dengan pengaturan ukuran tumpukan. Proses dengan aerasi difusi udara sekitarnya memerlukan ukuran tinggitumpukan 1,5 m dan lebarnya 2,5 m. secara keseluruhan parameter proses pengkomposan dicantumkan pada tabel berikut :

Tabel 11. Parameter Pengkomposan

Parameter	Harga yang duanjurkan
Rasio C/N	30-35/1
Rasio C/P	75-150/1
Ukuran Partikel	12,5 mm untuk agitasi 50mm untuk aerasi alami
Kadar air	50-60%
Kecepatan aerasi	0,6-1,8m ³ udara/hari-kg
Suhu	55-60%
Agitasi	tidak terlalu sering diaduk
pH	tidak perlu dikendalikan
Ukuran tumpukan	1,5m (tinggi), 2,5m (lebar) panjang tidak ditentukan

Penerapan Proses Pengkomposan

Telah berabad-abad praktek pengkomposan limbah organik dilakukan oleh petani diberbagai negara. Pengembangan proses akhir-akhir ini dituntut karena makin banyaknya kualitas limbah organik yang diproduksi dalam sistem pertanian dan industri yang maju.

- a. **Bahan dasar kompos:** Berbagai jenis limbah organik yang dapat digunakan untuk produksi kompos adalah limbah pertanian dan limbah aktivitas manusia sehari-hari. Komposisi beberapa limbah yang dapat dikomposkan diantaranya tercantum pada tabel berikut.

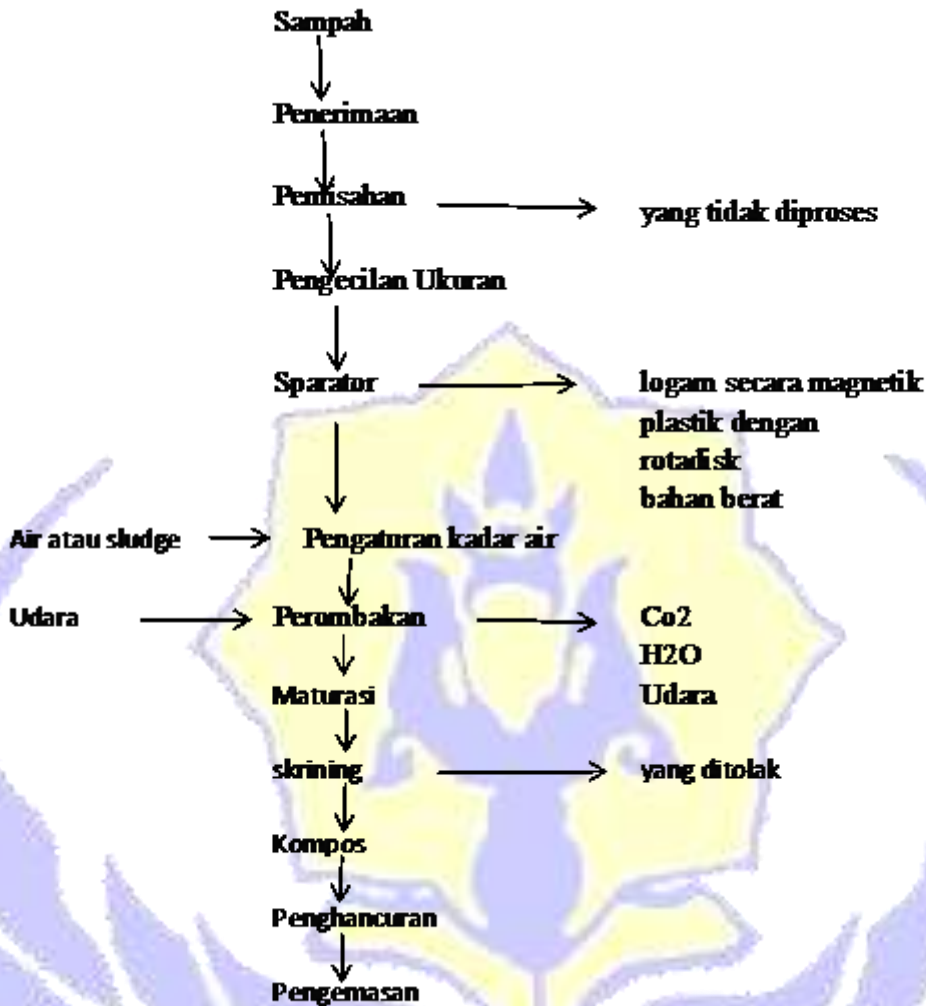
Tabel 12 Bahan Dasar Kompos

Bahan	Kadar N (% berat kering)	Rasio C/N
Urine	15-18	0,8
Darah	10-14	3
Kotoran Tanah	5,5-6,5	6-10
Rumput	4	20
Tulang	4	8
Sampah	1,1	34
Jerami	0,6	80
Dam	0,4	45
Sekam	0,1	500

b. Pelaksanaan proses skala besar

Sejauh ini ada sekitar 30 macam pelaksanaan proses pengkomposan telah dianjurkan untuk mengolah berbagai jenis limbah padat, namun sarana yang diperlukan dari berbagai macam proses tersebut adalah sejenis. Proses dengan kapasitas mengolah 200 - 500 ton limbah per hari telah dilakukan di Skandinavia dan Hongkong. Sainpah yang mau diolah ditebarkan pada lantai beton (yang darat digeser), kemudian sampah dilewatkan pada alat pengecil ukuran, pemisahan bahan yang tidak dibutuhkan seperti gelas, logam dan plastik, dan kemudian diatur kadar airnya. Secara skematis pelaksanaan proses dapat dilihat pada skema berikut

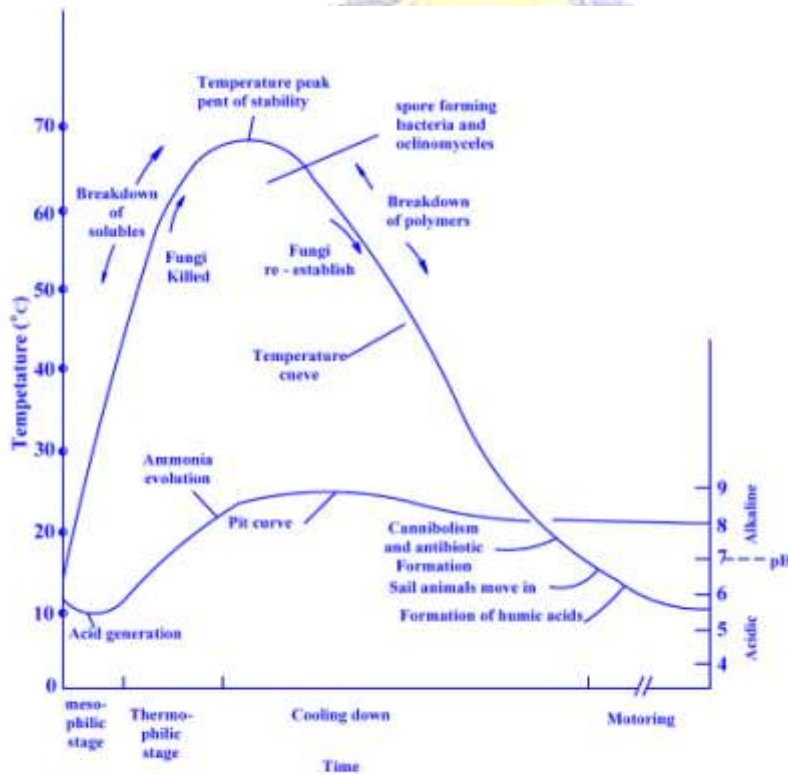




Gambar 22. Diagram Operasional Proses Pengkomposan

- a. **Pengkomposan Sludfie** : Pengkomposan dapat bermanfaat untuk perlakuan sludge sebelum digunakan untuk pertanian maupun reklamasi tanah. endapan sludge umumnya berkadar air 65-85% dan ini dapat dicampurkan pada sampah yang dikoinpcskan.
- b. **Pengkomposanbahan organik lainnya** : Pengkomposan jeram, kotoran ternak dan residu tanaman. lainnya telah dikerjakan oleh petani. Dalain hal ini pencampuran bahan-bahan perlu dilakukan untuk menyesuaikan rasio C/N ataupun C/P.
- c. **Waktu proses dan yield kompos**:Kecepatan proses biologis tergantung da.ri l-ionuisi prosesnya. Sampah yang diproses memerlukan waktu 9-12 bulan untuk dapat

Menghasilkan kompos yang baik tetapi dengan memanfaatkan kondisi proses, dapat dipercepat menjadi 3 bulan. prosentase bahan yang terdekomposisi ada sekitar 40-60% bahan kering, dan hal ini sangat tergantung dari kondisi prosesnya pula. Secara umum produk hasil kompos ada disekitar 40-50%. Komposisi kompos yang Dihasilkan dapat bervariasi. Sebagai contoh tabel berikut merupakan harga pendekatan komposisi kompos dari sampah kota dan sampah pertanian.



Gambar 23. Kurva proses pengkomposan

Hasil Uji Laboratoriu

Tabel 13. Komposisi Kompos

Substansi	% berat kering
Bahan Organik	2,5 - 80
Karbon	8 - 50
Nitrogen	0,4 - 3,5
P ₂ O ₅	0,3 - 3,5
K ₂ O	0,5 ₂ 1,8
CaO	7,0 - 1,5
<p>← Sampah Kota → Sampah Pertanian</p>	

Penggunaan kompos dipakai untuk penggemburan dan penyuburan tanah pekarangan /pertanian

GUNA WIDYA SEWAKA NAGARA